



École des Ponts

ParisTech

UNIVERSITÉ —
— PARIS-EST

Mémoire de thèse présenté pour l'obtention du titre de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS-EST

*Spécialité : Sciences et Techniques de l'Environnement
Ecole Doctorale Sciences, Ingénierie et Environnement (SIE)*

**Analyse du transport solide en réseau d'assainissement
unitaire par temps de pluie : exploitation de données
acquises par les observatoires français en hydrologie
urbaine**

par

Ali HANNOUCHE

A soutenir le 23 novembre 2012 devant le jury composé de :

Sylvie BARRAUD
José VAZQUEZ
Julien NEMERY
Mathieu AHYERRE
Yves KOVACS
Ghassan CHEBBO
Claude JOANNIS

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Membre invité
Directeur de thèse
Co-directeur de thèse

Analyse du transport solide en réseau d'assainissement unitaire par temps de pluie : exploitation de données acquises par les observatoires français en hydrologie urbaine

RÉSUMÉ

Cette thèse valorise les données de mesure en continu de pluie de débit et de turbidité, ainsi que les bases de donnée de résultat d'analyse et les connaissances acquises dans le cadre des trois observatoires français en hydrologie urbaine, OPUR-Paris, OTHU-Lyon et ONEVU-Nantes, pour valider et améliorer les connaissances sur les flux et les sources de particules vectrices de contaminants, en réseaux d'assainissement unitaire.

Les données provenant de 6 sites expérimentaux drainés par un réseau d'assainissement unitaire ont été exploitées : Marais, Quais et Clichy à Paris, Cordon Bleu et Saint-Mihiel à Nantes et Écully à Lyon, avec sur chaque site des bases de données de longue durée qui ont permis des études statistiques sur des échantillons de plusieurs dizaines d'événements pluvieux et de journées de temps sec.

Cette thèse a permis :

- ❖ d'évaluer la représentativité de la turbidité pour analyser du transport solide en réseau ;
- ❖ d'analyser et de modéliser statistiquement les concentrations et les masses de particules à l'échelle événementielle ;
- ❖ d'étudier la dynamique des flux et des concentrations à l'échelle intra-événementielle.

Les résultats obtenus indiquent d'une part, que la turbidité permet de décrire les dynamiques intra-événementielles des flux et des concentrations à condition d'exprimer ceux-ci sous forme relative, normalisée par les valeurs moyennes événementielles. En revanche, ces valeurs événementielles sont attachées par des erreurs systématiques non négligeables induites par les variations inter-événementielles de la relation MES-Turbidité (intervalle de confiance de l'ordre de 30% de la moyenne).

Ils confirment d'autre part que la contribution des dépôts aux flux de temps de pluie est importante mais variable (entre 20 et 80% de la masse à l'exutoire selon l'événement), y compris sur un site réputé exempt de dépôts (grossiers). Autrement dit, les problématiques d'ensablement et de pollution de temps de pluie ne sont pas nécessairement liées. L'autre contribution majeure est celle des eaux usées « de temps sec ».

De plus, ils nous ont permis de progresser dans la compréhension des phénomènes de décalage temporel entre hydrogramme et pollutogramme et d'effet piston.

Mots clés

Réseau d'assainissement unitaire ; Turbidité, MES; Incertitudes ; Flux polluant; Modèle statistique ; Test statistique ; Monte-Carlo ; Homogénéité spatiale ; Analyse de variance ; Eaux de ruissellement ; Eaux usées ; Dépôts ; Onde de débit; Effet piston.

Analysis of solid transport in combined sewer network during wet weather: exploitation of data acquired by the French observatories in urban hydrology

ABSTRACT

This thesis exploits continuous measurement of rainfall, discharge and turbidity data and the knowledge acquired by three French observatories in urban hydrology, OPUR-Paris, OTHU-Lyon and ONEVU-Nantes, to validate and improve knowledge on suspended solids discharges and sources of particles, which are major vectors of contaminants in combined sewer systems.

Data from six experimental sites served by a combined sewer system were used: Marais, Quais and Clichy in Paris, Cordon Bleu and Saint-Mihiel in Nantes and Ecully in Lyon. At each site, a long duration databases enabled statistical studies on samples of several tens of rainfall events and dry weather days.

This thesis allowed:

- ❖ to assess the representativeness of turbidity to analyze sediments transport in network;
- ❖ to analyze and model concentrations and masses of particles at the scale of rain events;
- ❖ to study the dynamics of fluxes and concentrations at intra-event scale.

Results show that turbidity can describe the dynamics of intra-event fluxes and concentrations provided these are expressed in a relative form, normalized by the event mean values. However, these mean values are attached by significant systematic errors induced by variations of the inter-event TSS-turbidity relationship (95% confidence interval about 30% of average).

The contribution of sewer deposits to wet weather suspended solids discharges is important but variable (between 20 and 80% of the mass at the outlet depending on the event), including for a site allegedly free of (coarse) sewer deposits. In other words, the problems of silting and contribution from deposits to wet weather pollution are not necessarily related. The other major contribution is from “dry weather” wastewater.

In addition, they we made some progress in understanding the lag-time phenomena between hydrograph and pollutograph and the piston effect.

Keywords

Combined sewer systems; TSS, Turbidity ; Uncertainties; Pollutant discharge ; Modelling ; Statistical test; Monte-Carlo; Spatial homogeneity; Variance analysis; Stormwater, Wastewater; Sewer deposit; Discharge wave; Celerity; Piston effect.